



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 22 569 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 B 11/30**  
A 61 B 5/107  
G 06 T 7/00

②1 Aktenzeichen: 196 22 569.8  
②2 Anmeldetag: 5. 6. 96  
④3 Offenlegungstag: 11. 12. 97

DE 196 22 569 A 1

⑦1 Anmelder:  
Bayer AG, 51373 Leverkusen, DE

⑦2 Erfinder:  
Voss, Eckart, Dr., 51375 Leverkusen, DE; Reisner,  
Ernst-Ulrich, 47445 Moers, DE

⑤4 Verfahren zur Charakterisierung linienhafter Strukturen auf Oberflächen

⑤7 Es wird ein Verfahren zur Charakterisierung linienhafter dreidimensionaler Strukturen, insbesondere der menschlichen Haut beschrieben, bei dem anhand der Abformung der Oberfläche mittels flüssigem eingefärbtem Silikonmaterial die Abbildung einer Durchlichtaufnahme der Abformung in einer zweidimensionalen digitalen Computerdatei gespeichert wird, in der jedem digitalen Bildpunkt ein Helligkeitswert zugeordnet wird, die Helligkeitswerte in Höhenwerte umgerechnet werden, das dadurch gekennzeichnet ist, daß zu der digitalen Abbildung elektronisch eine zweite Abbildung erstellt wird, die nur die Talsohlenlinien der Faltenstruktur darstellt, die Talsohlenlinienstruktur durch Entfernung von Knotenpunkten in knotenfreie Linienabschnitte aufgeteilt wird, zu jedem Abschnitt eine Umgebung definierter Breite festgelegt wird, aus der ersten Abbildung die der Umgebung zuzuordnenden Höhenwerte ausgeschnitten werden und jeder so definierte Hautfaltenabschnitt individuell elektronisch ausgewertet wird.

DE 196 22 569 A 1

## Beschreibung

Zur Charakterisierung der dreidimensionalen Struktur von Oberflächen sind bereits eine Reihe von Verfahren bekannt. Sie bestehen in der Regel darin, daß die Oberflächenstruktur direkt oder nach Abformung optisch oder mechanisch entweder vollständig oder nur bezüglich einzelner zur Oberfläche vertikaler Querschnittsflächen getastet wird, wobei als die Oberfläche charakterisierende Parameter die Rauhtiefe bzw. Oberflächenrauigkeit bestimmt werden.

Zur Charakterisierung von linienhaften Oberflächenstrukturen werden ferner der sogenannte  $R_z$ -Wert nach DIN, der Entfaltungskoeffizient, der die Gesamtfläche einer strukturierten Oberfläche angibt sowie die Anzahl der Knotenpunkte, an denen sich mehrere Linienstrukturen treffen, pro Fläche angegeben.

Alle diese Parameter stellen eine relativ grobe Charakterisierung der Oberflächenstruktur dar; insbesondere lassen sie keinen Rückschluß auf die Ausbildung der Flanken von Linienstrukturen zu.

Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, gegebenenfalls zusätzlich zu den an sich bekannten Parametern Mittelwerte von auf einzelne linienhafte Strukturelemente bezogene Parameter die mittlere und maximale Erhebung bzw. Vertiefung eines linienhaften Strukturelementes aus der Umgebung anzugeben, sowie gegebenenfalls mittlere Schwankungen dieser Parameter.

Oberflächen mit linienhafter Struktur werden insbesondere bei natürlichen Werkstoffen wie Holz oder Leder sowie diesen nachempfundenen künstlichen Materialien vorgefunden. Ferner treten linienhafte Strukturen in Form von Kratz- oder Schleifspuren auf. Für die Kosmetikindustrie von Interesse ist der Einfluß von Hautpflegemitteln auf die Faltenstruktur der Haut.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Charakterisierung linienhafter dreidimensionaler Strukturen auf Oberflächen durch Abformung der Oberfläche mittels flüssigem, eingefärbtem Silikonmaterial, Abbildung einer Durchlichtaufnahme der Abform in einer zweidimensionalen digitalen Computerdatei, in der jedem digitalen Bildpunkt (Pixel) ein Helligkeitswert zugeordnet wird und Umrechnung des Helligkeitswertes der Pixel in Höhenwerte, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) zu der digitalen Abbildung elektronisch eine zweite Abbildung erstellt wird, die nur die relativen Höhenextrema, insbesondere Helligkeitsminima darstellt,
- b) in der zweiten Abbildung diejenigen Höhenextrema charakterisierenden Pixel eliminiert werden, die mehr als zwei benachbarte, ebenfalls Höhenextrema darstellende Pixel (Knotenpunkte der Linienstruktur) aufweisen,
- c) um jeden der verbleibenden, Höhenextrema darstellenden Pixel einen Kreis mit vorbestimmtem Radius definiert wird,
- d) die Einschließende aller zu benachbarten Pixeln definierten Kreise ermittelt wird,
- e) aus der ersten digitalen Abbildung, die innerhalb der Einschließenden liegenden Höhenwerte ausgeschnitten werden, und
- f) der durch die einschließende definierten Ausschnitt der ersten Abbildung zur weiteren Charakterisierung der Linienstruktur herangezogen wird.

Bezogen auf eine Abformung der menschlichen Haut werden durch die zweite Abbildung die Talsohlen der Faltenstruktur der Haut dargestellt. Die zweite digitale Abbildung kann durch zeilenweises Abtasten der ersten digitalen Abbildung erfolgen, wobei jeweils benachbarte Helligkeitswerte verglichen werden und minimale Helligkeitswerte entsprechend maximalen Höhen der Abformung in die zweite Abbildung übertragen werden (Stufe a)).

Anschließend werden aus der in Schritt a) erhaltenen Abbildung der Talsohlen der Faltenstruktur die Knotenpunkte, d. h. Verzweigungen von Falten-Talsohlen und Kreuzungspunkte eliminiert, so daß die zweite Abbildung lediglich knotenpunktfreie Linienabschnitte aufweist (Schritt b)). Diese Linienabschnitte der zweiten Abbildung repräsentieren jeweils knotenfreie Faltenabschnitte der ersten digitalen Abbildung.

In den Schritten c) und d) werden zu jedem Linienabschnitt der zweiten Abbildung Parallelen in vorbestimmtem Abstand definiert. Die Fläche zwischen den Parallelen repräsentiert die Umgebung der Talsohle eines Faltenabschnitts.

Mit Hilfe der so definierten Fläche wird nun der dazugehörige Faltenabschnitt aus der ersten digitalen Abbildung elektronisch herausgeschnitten.

Auf diese Weise steht ein einzelner Faltenabschnitt zur weiteren Charakterisierung seiner Struktur elektronisch gespeichert zur Verfügung.

Die weitere Auswertung kann darin bestehen, daß bestimmte Charakteristika wie maximale Höhenunterschiede, mittlere Höhenunterschiede zur Faltenumgebung, usw. innerhalb jedes der so ausgeschnittenen Faltensegmentes ermittelt werden und danach geeignete Mittelwerte bzw. Abweichungen von den Mittelwerten aller so ausgewerteten Faltensegmente zur Charakterisierung der Oberflächenstruktur herangezogen werden.

Eine besonders geeignete Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung der Abformung der Oberfläche und der Abbildung einer Durchlichtaufnahme der Abformung in einer zweidimensionalen digitalen Computerdatei ist in der WO 94/20019 vom 15. September 1994 offenbart. Als Formmasse wird vorzugsweise eine niedrigviskose additionsvernetzende Silikonmasse auf Basis Vinylfunktioneller Polydimethylsiloxane und SiH-funktioneller Silikonvernetzer, wie sie unter den Bezeichnungen Silopren U und Baysilone ÖI SF/H von der Bayer AG, Leverkusen erhältlich sind, eingesetzt, wobei der Silikonmasse ein möglichst feintelliger Farbstoff oder Pigmente zugesetzt wird. Vorzugsweise wird als Pigment ein Kupferphthalocyanin-Komplex zugesetzt, der unter der Bezeichnung Sicomet-Blau P 74160 von der BASF AG, Ludwigshafen, erhältlich ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Fig. 1 bis 4 näher erläutert.

Fig. 1 erläutert die einzelnen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 zeigt schematisch die Abbildung der Durchlichtaufnahme des Abdrucks in eine digitale Computerdatei.

Fig. 3 zeigt eine Eichkurve zur Umrechnung von Helligkeitswerten in Höhenwerte des Abdrucks.

Fig. 4 erläutert die digitale Abbildung eines Faltenabschnitts.

Fig. 1 zeigt in der Mitte die Darstellung der elektronischen Abbildung der Durchlichtaufnahme eines Faltenabdrucks der menschlichen Haut, z. B. auf dem Bildschirm des Computers. Teilbild A zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus der Darstellung. (Da Grautöne in der Patentzeichnung nicht darstellbar sind, sind diese in Form eines Punktrasters wiedergegeben). Teilbild B zeigt für den vergrößerten Ausschnitt A die relativen Höhenextrema der zweiten elektronischen Abbildung, d. h. die Talsohlen der Faltenstruktur. In Teilbild C sind die Knotenpunkte durch schwarze Kreise hervorgehoben. Teilbild D wird nach Entfernung der Knotenpunkte erhalten. In Teilbild E wurden jedem Pixel eines Faltengrundabschnitts Kreise mit vorbestimmtem Radius zugeordnet. Die Vorbestimmung des Radius der Kreise kann aufgrund visueller Betrachtung des Teilbildes A derart erfolgen, daß durch den Radius mindestens die Breite jeder Falte abgedeckt wird. Der Radius kann auch elektronisch so bestimmt werden, daß auf einer Linie senkrecht zum Faltengrundabschnitt solange fortgeschritten wird, daß sich der Höhenwert benachbarter Pixel um nicht mehr als z. B. 1% verändert. Teilbild F zeigt die Einschließende aller Kreise aus Teilbild E. Teilbild G zeigt den durch die Einschließende gemäß Teilbild F definierten Ausschnitt aus Teilbild A. Dieser Ausschnitt wird der weiteren Analyse des einzelnen Faltenabschnitts zugrundegelegt.

Fig. 2 zeigt den Hautabdruck 1, der auf einer diffusen Lichtquelle 2 aufliegt und mittels einer elektronischen Kamera 3 in ein digitales Bild abgebildet wird, das in die Festplatte eines Computers 4 eingespeist wird.

Fig. 3 zeigt den an einem Eichkeil aus der Abdruckmasse ermittelten Zusammenhang zwischen Dicke der Abdruckmasse in mm und durch die elektronische Kamera registrierten Helligkeitswert.

Fig. 4 zeigt die Umgebung eines Faltenabschnitts gemäß Teilbild G aus Fig. 1, wobei je vier Rasterpunkte jeweils einen Pixel einschließen. Jedem der Pixel ist ein mit Hilfe der Eichkurve gemäß Fig. 3 in Höhenwerte umgerechneter Helligkeitswert zugeordnet. Jeder so dargestellte isolierte Faltenabschnitt besteht aus den Faltengrundpixeln G, den Faltenrandpixeln R, die die Helligkeitswerte der Einschließenden (Teilbild F aus Fig. 1) enthalten sowie den dazwischenliegenden Faltenstrukturpixeln S. Das geschwärzte Pixel  $G_m$  bezeichnet den minimalen Helligkeitswert aller Faltengrundpixel G. Das ebenfalls schwarz gekennzeichnete Faltenrandpixel  $R_m$  bezeichnet den maximalen Helligkeitswert aller Randpixel R. Zur Charakterisierung der Struktur des Faltenabschnitts können nun folgende charakteristische Werte herangezogen werden (jeweils bezogen auf die Abformung):

maximale Faltentiefe = maximale Höhe des Faltengrundes  $G_m$  minus minimale Höhe des Faltenrandes  $R_m$

mittlere Faltentiefe = Mittelwert der Höhen aller Faltengrundpixel minus Höhenwert von  $R_m$

Faltenlänge = Abstand der beiden Endpixel des Faltengrundes.

normierte mittlere Tiefe: Produkt aus der Faltenlänge und der mittleren Faltentiefe.

Faltenrichtung = der aus den Endpunkten des Faltengrundes ermittelte Winkel, den die Falte mit einer vorgegebenen Richtung bildet;

Trägt man die Zahl der Falten einer Faltenrichtung über dem zugeordneten Winkel auf, so sind bei der Struktur der menschlichen Haut eine bis zwei bevorzugte häufige auftretende Richtungen, die Hauptfaltenrichtungen feststellbar. Demgemäß lassen sich die Einzelfalten weiter charakterisieren als

R 1-Falten: = Falten, die einer Hauptfaltenrichtung zugeordnet werden können, und

R 2-Falten: = Falten, die keiner Hauptfaltenrichtung zugeordnet werden können.

#### Beispiel

Beispielhaft wird nachfolgend der Effekt einer Tagespflege-Creme auf die Faltenstruktur der Haut mittels der erfindungsgemäßen Faltenstrukturanalyse dargestellt:

Der Versuch wurde an 10 weiblichen Probanden im Alter von oberhalb 50 Jahren durchgeführt. Der Hautabdruck wurde jeweils an der rechten und linken Unterarm-Innenseite nach einer Ruhezeit von 30 Minuten (Einklimatisierung) der Probandin im Abstand von 15 cm vom Handgelenk abgenommen. Während der Versuchszeit hat jede der Probandinnen nur eine Unterarm-Innenseite morgens und abends mit einer Feuchtigkeitscreme behandelt. Die Hautabdrücke wurden vor Beginn der ersten Anwendung, zwei Wochen nach Anwendung des Testproduktes und 8 Wochen nach Anwendung des Testproduktes abgenommen. Die Meßfeldgröße des Abdruckes ist ein Quadrat mit 8 mm Kantenlänge.

Der nicht behandelte Unterarm dient jeweils als Kontrollfeld, so daß äußere Einflüsse wie Klimaveränderungen usw. jeweils bereinigt werden können.

Die nachfolgende Tabelle gibt für die unbehandelte und behandelte Probandin den Mittelwert aller in der ausgewerteten Abdruckfläche enthaltenen Faltenabschnitte, gemittelt über die 10 Probandinnen wieder. Bei der Änderung nach Behandlung wurde jeweils die Veränderung des nicht behandelten Kontrollabdrucks vorab berücksichtigt.

Tabelle

	Knoten	mittlere Tiefe ( $\mu\text{m}$ )	max. Tiefe ( $\mu\text{m}$ )	Anzahl R1- Falten	Anzahl R2- Falten
unbehandelt	541	32,8	46,5	512	467
Änderung nach 2 Wochen	+13,1 %	-7,5 %	-9,3 %	$\pm 0$ %	-0,03 %
Änderung nach 8 Wochen	+20,9 %	-20,1 %	-18,8 %	-0,02 %	-0,04 %

	Faltenlänge R1		Faltenlänge R2	
	gemittelt ( $\mu\text{m}$ )	Summe ( $\mu\text{m}$ )	gemittelt ( $\mu\text{m}$ )	Summe ( $\mu\text{m}$ )
unbehandelt	420	214257	484	220795
Änderung nach 2 Wochen	-2,6 %	+7,4 %	-8,3 %	+5,9 %
Änderung nach 8 Wochen	-14,3 %	-3,3 %	+4,7 %	+25,4 %

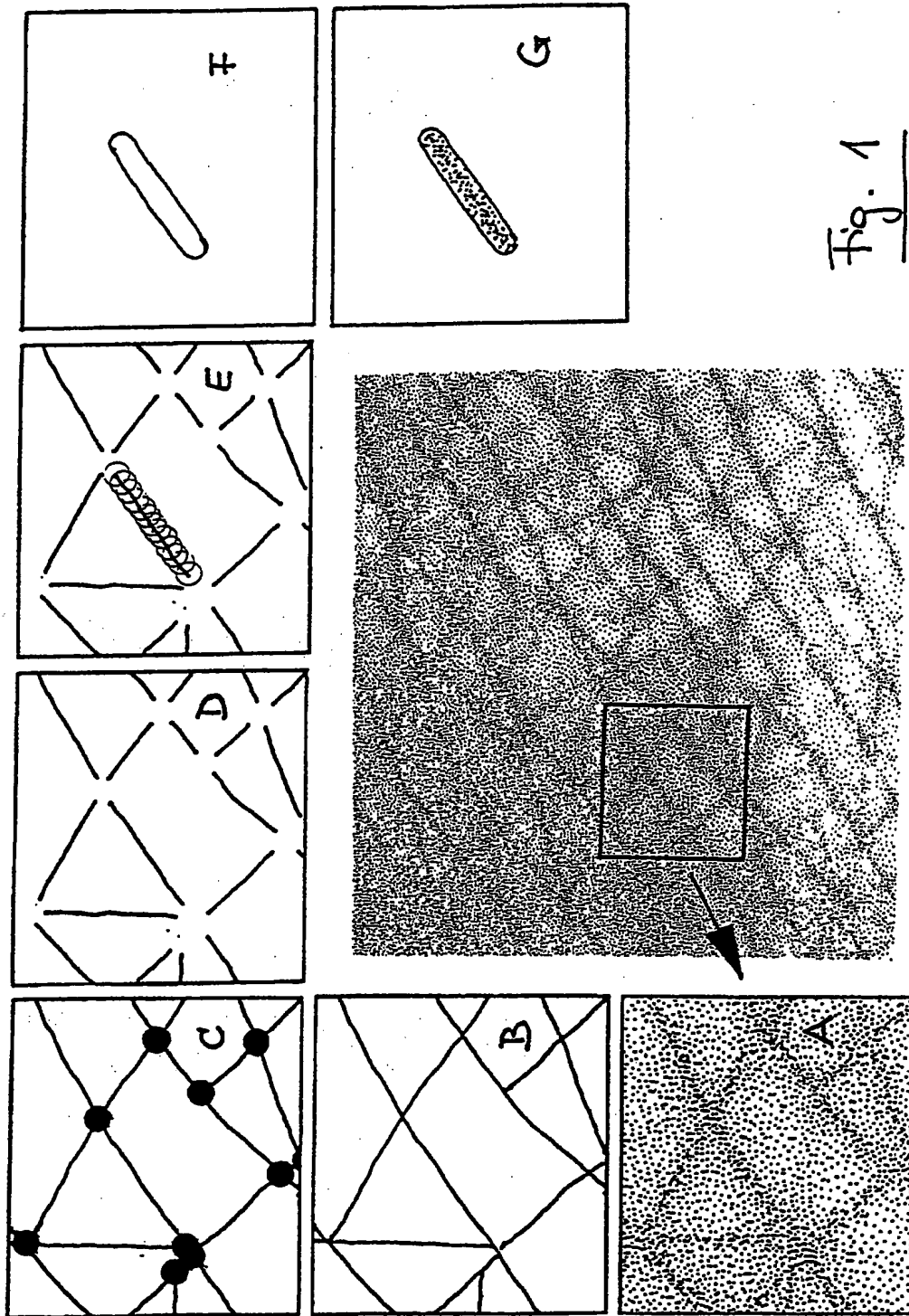
	normierte mittl. Tiefe R1		normierte mittl. Tiefe R2	
	gemittelt ( $\mu\text{m}$ )	Summe ( $\mu\text{m}$ )	gemittelt ( $\mu\text{m}$ )	Summe ( $\mu\text{m}$ )
unbehandelt	35,4	8374403	35,0	9899810
Änderung nach 2 Wochen	-6,8 %	-1,6 %	-8,3 %	+3,8 %
Änderung nach 8 Wochen	-25,1 %	-30,9 %	-13,4 %	+13,9 %

	maximale Tiefe R1		maximale Tiefe R2	
	gemittelt ( $\mu\text{m}$ )	Summe ( $\mu\text{m}$ )	gemittelt ( $\mu\text{m}$ )	Summe ( $\mu\text{m}$ )
unbehandelt	50,3	25435	50,8	23232
Änderung nach 2 Wochen	-5,2 %	-1,1 %	-5,9 %	+6,1 %
Änderung nach 8 Wochen	-19,5 %	-9,2 %	-9,4 %	+10,7 %

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Charakterisierung linienhafter dreidimensionaler Strukturen auf Oberflächen durch Abformung der Oberfläche mittels flüssigem, eingefärbtem Silikonmaterial, Abbildung einer Durchlichtaufnahme der Abformung in einer zweidimensionalen digitalen Computerdatei, in der jedem digitalen Bildpunkt (Pixel) ein Helligkeitswert zugeordnet wird, Umrechnung des Helligkeitswertes der Pixel in Höhenwerte, dadurch gekennzeichnet, daß
  - a) zu der digitalen Abbildung elektronisch eine zweite Abbildung erstellt wird, die nur die relativen Höhenextrema, insbesondere Helligkeitsminima, die z. B. die Talsohlen einer Faltenstruktur wiedergeben, darstellt,
  - b) in der zweiten Abbildung diejenigen Höhenextrema charakterisierenden Pixel eliminiert werden, die mehr als zwei benachbarte, ebenfalls Höhenextrema darstellende Pixel (Knotenpunkte mehrerer Talsohlen) aufweisen,
  - c) um jeden der verbleibenden Linienabschnitte darstellenden Pixel einen Kreis mit vorbestimmtem Radius definiert wird,
  - d) die Einschließende aller zu benachbarten Pixeln definierten Kreise ermittelt wird,
  - e) aus der ersten digitalen Abbildung, die innerhalb der Einschließenden liegenden Höhenwerte ausgeschnitten werden, und
  - f) der durch die Einschließenden definierten Ausschnitt der ersten Abbildung zur weiteren Charakterisierung der Linienstruktur herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der maximale Höhenunterschied der Pixel innerhalb eines Ausschnitts ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenz des mittleren Höhenwertes der Höhenextrema eines Ausschnitts und des geringsten Höhenwertes der Einschließenden ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Koordinaten der Endpixel der Höhenextremalinie deren Richtung bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Koordinaten der Endpixel der Höhenextremalinie deren Länge ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3 und 5, wobei das Produkt aus Faltenabschnittslänge und mittlerer Faltentiefe gebildet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Charakterisierung der linienhaften Struktur Mittelwerte aller Ausschnittswerte gemäß Ansprüchen 2, 3, 5 und/oder 6 gebildet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zu beurteilende Oberfläche die menschliche Haut ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Beurteilung in zeitlichem Abstand wiederholt wird, wobei die Haut zwischen den Beurteilungen behandelt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



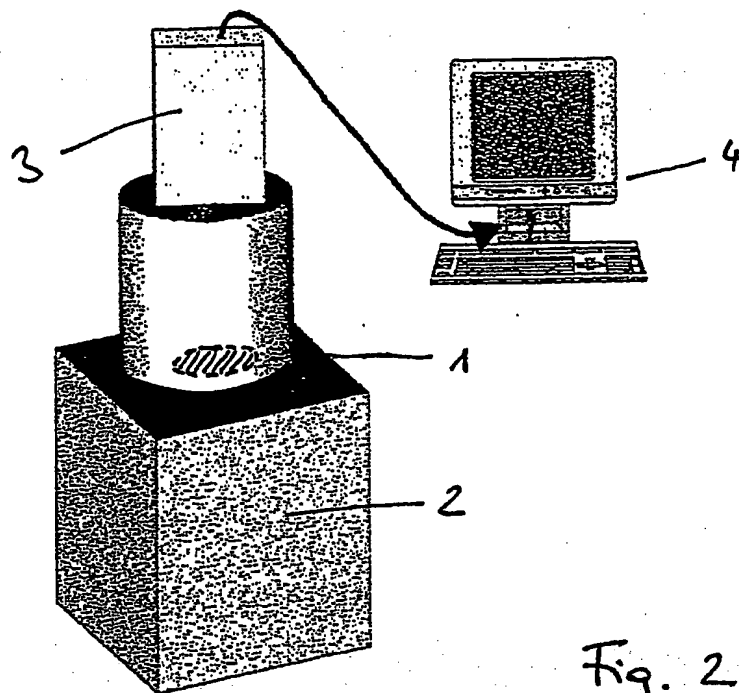


Fig. 2

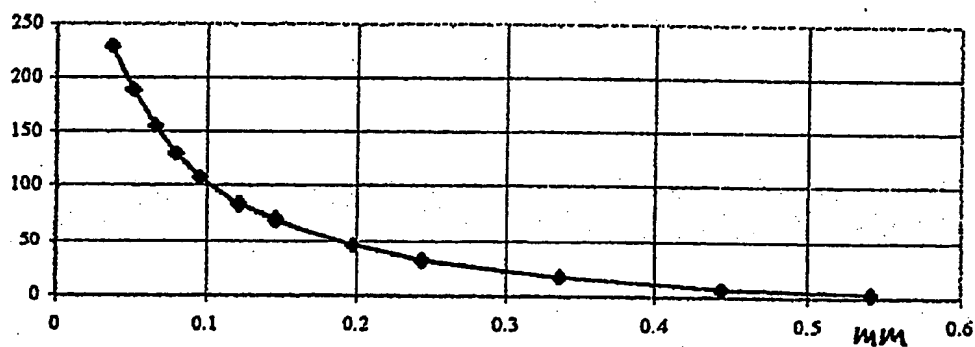


Fig. 3

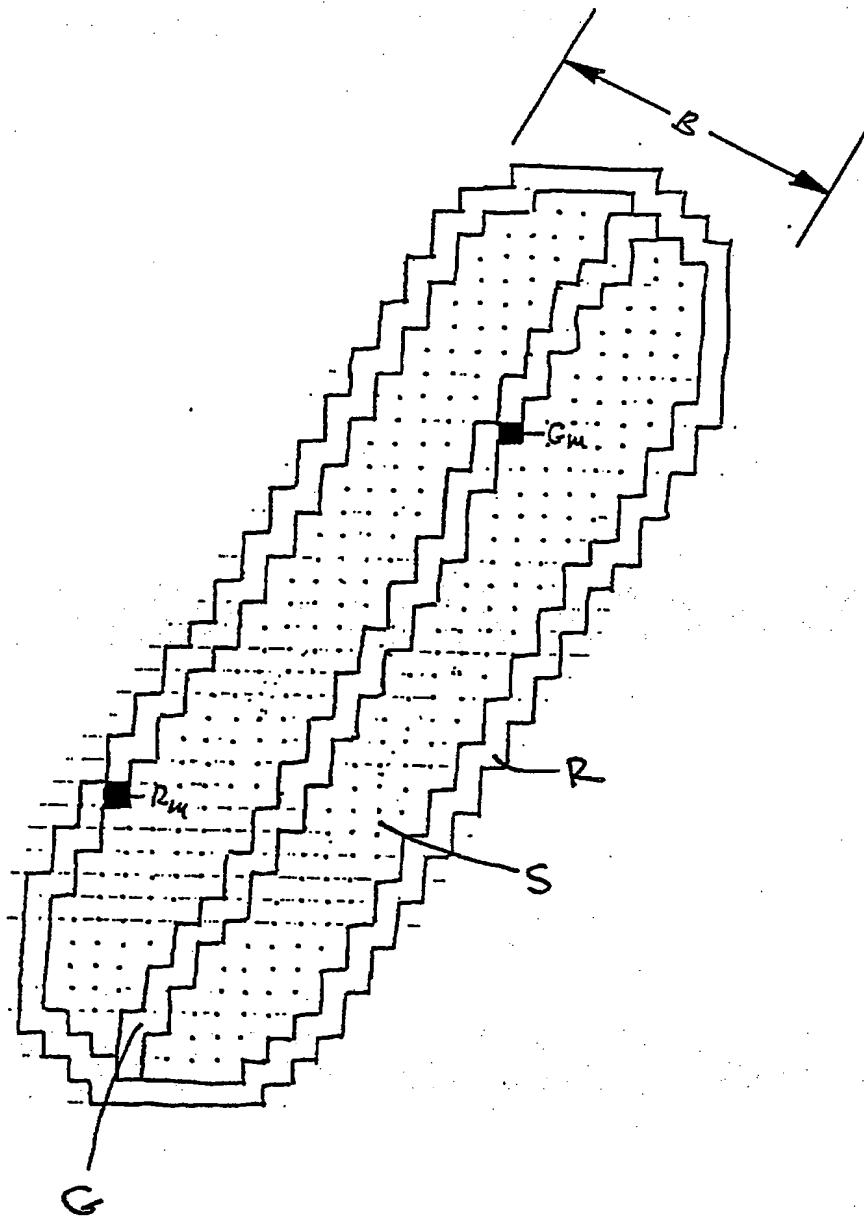


Fig. 4